



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Pat ntschrift
10 DE 198 03 694 C 1

21 Aktenzeichen: 198 03 694.9-22
22 Anmeldetag: 30. 1. 98
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 22. 4. 99

51 Int. Cl.⁶:
B 60 S 1/08
G 01 N 21/88
G 01 W 1/14
G 01 V 8/10
G 06 T 7/00
G 01 N 21/55

DE 198 03 694 C 1

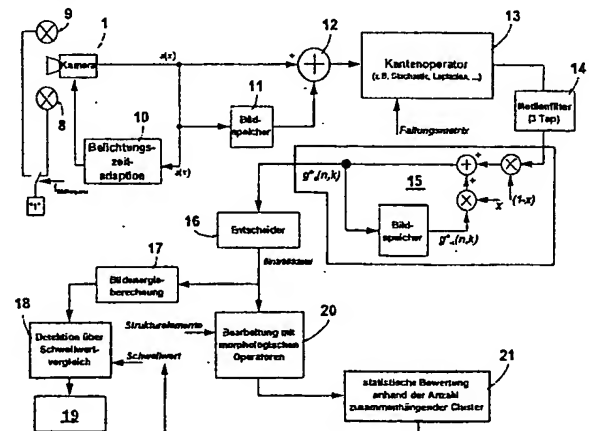
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Leopold Kostal GmbH & Co KG, 58507
Lüdenscheid, DE
74 Vertreter:
Patentanwälte Schröter und Haverkamp, 58636
Iserlohn

72 Erfinder:
Bläsing, Frank, Dipl.-Ing., 59457 Werl, DE; Bendicks,
Norbert, Dipl.-Ing., 58675 Hemer, DE
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US 48 67 561

54 Verfahren zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe befindlichen Objekten sowie Vorrichtung

- 57 Ein Verfahren zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe befindlichen, bei einer Beleuchtung Lichtreflexe erzeugenden Objekten unter Verwendung einer ein oder mehrere optische Sensorarrays enthaltenen Aufnahmeeinheit umfaßt folgende Schritte:
- Beleuchten der Scheibe zum Erzeugen von Lichtreflexen in oder an auf der Scheibe befindlichen Objekten von derjenigen Scheibenseite, hinter der die Aufnahmeeinheit angeordnet ist,
 - bildliches Erfassen eines beleuchteten Scheibenausschnitts mit der Aufnahmeeinheit durch Bereitstellen von zwei, ein Bildpaar bildenden Scheibenausschnittsbildern, in welchen beiden Bildern der oder die durch die Beleuchtung erzeugten Lichtreflexe eines auf der Scheibe befindlichen Objektes jeweils an lageunterschiedlichen Bildpunkten angeordnet sind,
 - Ermitteln des Differenzbildes der beiden Bilder eines Bildpaares durch Subtraktion der Inhalte lagegleicher Bildpunkte des einen Scheibenausschnittsbildes von denjenigen des anderen Scheibenausschnittsbildes und
 - anschließendes Auswerten des ermittelten Differenzbildes hinsichtlich der den einzelnen Bildpunkten zugeordneten Inhalten.



DE 198 03 694 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet des Erkennens von Objekten auf einer lichtdurchlässigen Scheibe, etwa einer Windschutzscheibe eines Kraftfahrzeuges. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe befindlichen Objekten unter Verwendung einer ein optisches Sensorarray enthaltenen Aufnahmeeinheit. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe befindlichen beleuchteten Objekten, eine Aufnahmeeinheit mit einem optischen Sensorarray zum Erfassen von der Beleuchtungseinrichtung emittierter und reflektierter Lichtstrahlen und eine Auswerteeinheit.

Ein derartiges Verfahren wird beispielsweise zum Detektieren von auf einer Windschutzscheibe eines Kraftfahrzeuges befindlichen Regentropfen zum Steuern eines Wischermotors verwendet. Eine diesbezügliche Vorrichtung wird entsprechend als Regensensor bezeichnet. Aus der US-PS 4 867 561 ist ein solches Verfahren sowie ein solcher Regensensor bekannt. Das in diesem Dokument beschriebene Detektionsverfahren arbeitet nach dem Reflektionsprinzip unter Ausnutzung einer Totalreflektion an der Außenseite der Windschutzscheibe. Zu diesem Zweck umfaßt der Regensensor eine als Beleuchtungseinrichtung ausgebildete Infrarotdiode (IR-Diode), deren emittierte Lichtstrahlen innenseitig auf einen zu beobachtenden Windschutzscheibenausschnitt gerichtet sind. Als Aufnahmeeinheit wird ein optisches Sensorarray verwendet, dem zur Abbildung der IR-Diode auf seiner photosensitiven Oberfläche eine Linse vorgeschaltet ist. Die Beleuchtungseinrichtung und die Aufnahmeeinheit sind dergestalt zueinander angeordnet, daß von der Leuchtdiode emittierte Lichtstrahlen, die durch Totalreflektion der Windschutzscheibe reflektiert werden, bei freier Windschutzscheibe auf dem Sensorarray abgebildet werden. Das vorbekannte Verfahren nutzt die Tatsache, daß bei Nichtvorhandensein von Objekten auf der Windschutzscheibe besagte Totalreflektion der von der Beleuchtungseinrichtung emittierten Lichtstrahlen an der Außenseite der Windschutzscheibe zum Sensorarray hin erfolgt. Befinden sich dagegen Regentropfen auf der Außenseite der Windschutzscheibe werden Lichtstrahlen aus dem Regentropfen ausgekoppelt, so daß nur ein Teil der Lichtstrahlen zum Sensorarray hin reflektiert wird. Folglich ist die von dem Sensorarray erfaßbare Lichtintensität bei einem Vorhandensein von Regentropfen auf der Windschutzscheibe geringer verglichen mit der erfaßten Lichtintensität bei einer Totalreflektion.

Die Signale des Sensorarrays werden in einer dem Sensorarray nachgeschalteten Auswerteeinheit zunächst gefiltert, um diejenigen Signalkomponenten der weiteren Auswertung nicht zu kommen zu lassen, die nicht den von der Beleuchtungseinrichtung emittierten Lichtstrahlen zugeordnet werden können. Zu diesem Zweck ist die Filterung wellenlängenspezifisch ausgerichtet. Das gefilterte Sensorarrayausgangssignal wird anschließend einem Vergleichsglied zugeführt, in welchem ein Schwellwertvergleich der erfaßten Lichtintensität mit einem vorgegebenen Schwellwert durchgeführt wird. Ist die erfaßte Lichtintensität geringer als das Schwellwertsignal, liegt am Ausgang des Vergleichsgliedes ein Steuersignal an, mit welchem ein Mikrocomputer zum Ansteuern des Wischermotors beaufschlagt wird.

Auch wenn das in diesem Dokument beschriebene Verfahren bzw. die in diesem Dokument beschriebene Vorrichtung gegenüber älteren eine verbesserte Detektion ermöglicht, ist das Verfahren dennoch Fehlereinflüssen unterlegen. Als Störfaktoren können an der Kraftfahrzeugkarosserie oder an der Windschutzscheibe gebrochene Sonnenstrahlen

oder auch andere Lichtstrahlen angesehen werden, bei deren Brechung auch Infrarotlichtanteile produziert werden, die sodann das Sensorarray beaufschlagen können. Da die Auswertung der in dem Sensorarray erfaßten Lichtintensität durch Vorgabe des Schwellwertes an die emittierte Lichtintensität der Beleuchtungseinrichtung angepaßt ist, können derartige sekundäre Einflüsse, die Auskopplung von Lichtstrahlen durch auf der Windschutzscheibe anhaftende Regentropfen überlagern, so daß das resultierende Auswertungsergebnis nicht mehr den tatsächlichen Gegebenheiten entspricht.

Ferner ist das vorbekannte Verfahren nicht geeignet, Objekte auf der Windschutzscheibe zu detektieren, bei denen eine Auskopplung von Lichtstrahlen nicht stattfindet, wie etwa bei Staub oder dergleichen.

Ausgehend von diesem diskutierten Stand der Technik liegt der Erfindung daher zum einen die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe befindlichen Objekten vorzuschlagen, mit dem eine exaktere Detektion von auf der Windschutzscheibe befindlichen Objekten bei gleichzeitiger Unterdrückung nicht relevanter Lichtsignale bzw. von Störeinflüssen gewährleistet ist. Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine entsprechende Vorrichtung bereit zu stellen:

Die verfahrensbezogene Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe befindlichen, bei einer Beleuchtung Lichtreflexe erzeugenden Objekten unter Verwendung einer ein oder mehrere optische Sensorarrays enthaltenen Aufnahmeeinheit gelöst, welches Verfahren folgende Schritte umfaßt:

- Beleuchten der Scheibe zum Erzeugen von Lichtreflexen in oder an auf der Scheibe befindlichen Objekten von derjenigen Scheibenseite, hinter der die Aufnahmeeinheit angeordnet ist,
- bildliches Erfassen eines beleuchteten Scheibenausschnitts mit der Aufnahmeeinheit durch Bereitstellen von zwei, ein Bild paar bildenden Scheibenausschnittsbildern, in welchen beiden Bildern der oder die durch die Beleuchtung erzeugten Lichtreflexe eines auf der Scheibe befindlichen Objektes jeweils an lageunterschiedlichen Bildpunkten angeordnet sind,
- Ermitteln des Differenzbildes der beiden Bilder eines Bildpaares durch Subtraktion der Inhalte lagegleicher Bildpunkte des einen Scheibenausschnittsbildes von denjenigen des anderen Scheibenausschnittsbildes und anschließendes Auswerten des ermittelten Differenzbildes hinsichtlich der den einzelnen Bildpunkten zugeordneten Inhalten.

Die vorrichtungsbezogene Aufgabe wird zum einen dadurch gelöst, daß als Aufnahmeeinheit ein einziges Sensorarray in einer solchen Anordnung zur Scheibe vorgesehen ist, daß die zu beobachtende Scheibenoberfläche des von dem Sensorarray erfaßten Scheibenausschnittes im Tiefenschärfenbereich der sich auf der photosensitiven Oberfläche des Sensorarrays darstellenden Abbildung des Scheibenausschnittes liegen, und daß die Beleuchtungseinrichtung zumindest zwei voneinander beabstandete, den von der Aufnahmeeinheit betrachteten Scheibenausschnitt aus unterschiedlichen Richtungen beleuchtende Lichtquellen umfaßt.

Ferner wird die vorrichtungsbezogene Aufgabe dadurch gelöst, daß die Aufnahmeeinheit zwei voneinander beabstandete optische Sensorarrays in einer stereoskopischen Anordnung zur Scheibe umfaßt, bei der die zu beobachtende Scheibenoberfläche des von den Sensorarrays erfaßten Scheibenausschnittes im Tiefenschärfenbereich der sich auf

den photosensitiven Oberflächen der Sensorarrays darstellenden Abbildung des Scheibenausschnittes liegen, welche optischen Sensorarrays zum Betrachten eines Scheibenausschnittes dergestalt angeordnet sind, daß der sich in einem bestimmten Abstand zur betrachtenden Scheibe befindliche Hintergrund auf beiden Sensorarrays an lagegleichen Bildpunkten abgebildet wird.

Gemäß dem vorgeschlagenen Verfahren erfolgt eine Auswertung des beobachteten Scheibenausschnittes nicht nur anhand eines einzigen Bildes bzw. anhand der Inhalte seiner Bildpunkte, sondern anhand von zwei einzelnen Bildern, die im Zusammenhang dieser Ausführungen jeweils als Scheibenausschnittsbild und gemeinsam als Bildpaar angesprochen sind. Dabei ist vorgesehen, daß mit den beiden Scheibenausschnittsbildern zwar der gleiche Scheibenausschnitt wiedergegeben ist, daß jedoch die durch die Beleuchtung erzeugten Lichtreflexe eines auf der Scheibe befindlichen Objektes in jedem Scheibenausschnittsbild auf lageunterschiedlichen Bildpunkten oder nur auf einem Scheibenausschnittsbild abgebildet werden. Einflüsse, die nicht auf durch die Beleuchtung erzeugte Lichtreflexe in den auf der Scheibe befindlichen Objekten zurückzuführen sind, werden dagegen in beiden Scheibenausschnittsbildern jeweils auf lagegleichen Bildpunkten abgebildet. Die Beleuchtung des zu erfassenden Scheibenausschnittsbildes kann durch vorhandenes Umgebungslicht (Tageslicht) oder durch eine zusätzliche Beleuchtungseinrichtung erfolgen. In dem anschließenden Schritt des Ermitteln des Differenzbildes aus den beiden Scheibenausschnittsbildern werden die Inhalte lagegleicher Bildpunkte voneinander subtrahiert. Im Ergebnis führt dies zu einem Differenzbild, bei dem die Inhalte derjenigen Bildpunkte, die das Ergebnis der Subtraktion lagegleicher Bildpunkte mit gleichem Bildinhalt sind, den Wert 0 aufweisen. Dagegen erhalten diejenigen Bildpunkte des Differenzbildes einen von 0 unterschiedlichen Wert, etwa den Wert 1, deren Bildinhalte, etwa durch das Erfassen von lageunterschiedlichen Lichtreflexen, unterschiedlich sind. Da Störeinflüsse im allgemeinen aus dem Hintergrund erscheinen, werden diese auf beiden Scheibenausschnittsbildern auf lagegleichen Bildpunkten abgebildet und somit durch Ermitteln des Differenzbildes eliminiert. Folglich unterliegen der anschließenden Auswertung ausschließlich diejenigen Signale, die den auf einer Scheibe anhaftenden Objekten zuzuordnen sind.

Die beiden Scheibenausschnittsbilder können etwa dadurch bereitgestellt werden, daß diese von ein und demselben optischen Sensorarray zeitlich aufeinanderfolgend aufgenommen werden, wobei jedoch jedes Scheibenausschnittsbild bei einer unterschiedlichen Beleuchtungskonfiguration hinsichtlich der auf die Scheibe auftreffenden Einfallrichtung der von einer Beleuchtungseinrichtung emittierten Lichtstrahlen aufgenommen wird. Bei einer solchen Ausgestaltung wird das zuerst aufgenommene Scheibenausschnittsbild eines Bildpaares in einem Bildspeicher abgelegt, bis das zweite Scheibenausschnittsbild des Bildpaares aufgenommen worden ist. Ferner können die beiden Scheibenausschnittsbilder auch durch Verwendung einer stereoskopischen Sensorarrayanordnung bereitgestellt werden. Diese stereoskopische Sensorarrayanordnung ist so ausgerichtet, daß ab einem bestimmten Abstand zu dieser der von der Sensorarrayanordnung erfaßte Hintergrund auf lagegleichen Bildpunkten abgebildet wird. Als diesbezügliche Entfernung kann beispielsweise die Entfernung der Windschutzscheibe von der vorderen Motorhaubenkante angenommen werden. Zweckmäßigerweise werden die beiden Scheibenausschnittsbilder mit beiden Sensorarrays gleichzeitig aufgenommen. Diese Sensorarrayanordnung vermag auch ohne aktive Beleuchtungseinrichtung bei Vorhanden-

sein von ausreichendem Umgebungslicht zu arbeiten. Reicht das Umgebungslicht nicht aus, ist vorgesehen, dieser stereoskopischen Sensorarrayanordnung eine gemeinsame Beleuchtungseinrichtung zum Beleuchten der Scheibe bzw. der darauf zu detektierenden Objekte zuzuordnen. Bei dieser Anordnung muß nicht notwendigerweise derselbe Scheibenausschnitt betrachtet werden, solange die oben genannte Forderung hinsichtlich der Hintergrundabbildung gegeben ist.

Mit den beschriebenen Vorrichtungen lassen sich in Abhängigkeit der gewählten Tiefenschärfe entweder die äußere Scheibenoberfläche oder die innere Scheibenoberfläche oder beide Scheibenoberflächen beobachten.

Eine Auswertung des ermittelten Differenzbildes kann beispielsweise im Wege einer Energieabschätzung durch eine Differenzbildenergiebestimmung, wie in der deutschen Patentanmeldung 197 36 584.1 der Anmelderin beschrieben, erfolgen, welches Verfahren hiermit durch Bezugnahme ebenfalls Gegenstand dieser Beschreibung ist.

Eine Auswertung des ermittelten Differenzbildes kann aber auch hinsichtlich der darin enthaltenen Hell-Dunkel-Übergänge (Kanten) durchgeführt werden. Bei einer solchen Auswertung ist es zweckmäßig, wenn das Auswertungsverfahren eine Bearbeitung des Differenzbildes mit einem Kantenoperator beinhaltet, bei welcher Kantenoperation eine Kantenbetonung bei gleichzeitiger Unterdrückung von Gleichflächen erreicht wird. Grundsätzlich kann als Kantenoperation beispielsweise eine Gradientenbildung, eine Ableitung oder eine Verwendung von stochastischen Operatoren eingesetzt werden, wobei der Einsatz stochastischer Operatoren bevorzugt ist.

Zur Eliminierung eines unerwünschten Impulsrauschens, kann das Differenzbild anschließend mediangefiltert werden. Zur weiteren Bearbeitung des Differenzbildes und zur weiteren Eliminierung von möglichen Reststöreinflüssen kann die Auswertung des ermittelten Differenzbildes ferner eine zeitliche Tiefpaßfilterung umfassen. Bei einer solchen Tiefpaßfilterung wird davon ausgegangen, daß zu detektierende Objekte auf der Scheibe über mehrere Bildsequenzen bzw. Bildperioden auf gleichen Bildpunkten erfassbar sind. Bei dieser Filterung werden daher Schlaglichter oder Reflexe, die etwa durch Kratzer in der Windschutzscheibe hervorgerufen werden und nur in einzelnen Bildsequenzen enthalten sind, eliminiert.

Die Auswertung des Differenzbildes kann in einem weiteren Schritt die Erstellung einer Binärbilddatei aus den Bildpunkthalten des ermittelten und bearbeiteten Differenzbildes umfassen, so daß im Ergebnis jedem Bildpunkt des Differenzbildes entweder der Wert 0 oder der Wert 1 zugeordnet ist. Die Erzeugung der Binärbilddatei erfolgt durch Vergleich der Bildpunkthalte mit einem vorbestimmten Schwellwert. An diesem Schritt kann sich eine Gesamtbildenergieberechnung anschließen, bei der die Werte aller Bildpunkte aufsummiert werden, um Aufschluß über die Anzahl der Kanten bzw. Hell-Dunkel-Übergänge (= erfaßte Lichtreflexe) zu erhalten. In einem weiteren Vergleichsschritt erfolgt ein Vergleich der Gesamtbildenergie mit einem konstanten oder adaptiven Schwellwert in einem Vergleichsglied, welches bei Überschreiten des Schwellwertes ein Signal zum Ansteuern eines Aktors, beispielsweise eines Wischermotors ausgibt.

Neben der genannten Auswertung durch eine Gesamtbildenergieberechnung kann auch eine Auswertung durch eine Clusterbildung benachbarter Bildpunkte mit dem Wert 1 erfolgen. Die erzeugte Clusterung ist dann unter Zuhilfenahme üblicher statistischer Methoden auswertbar. Besonders bevorzugt ist ein Auswertungsverfahren, bei dem das Ergebnis der statistischen Clusterauswertung zur Einstellung

des für die Durchführung des Vergleicherschrittes im Anschluß an die Gesamtenergieberechnung benötigten Schwellwerts verwendet wird. Damit ist der Schwellwert des Vergleichsgliedes an die Größe der detektierten Objekte anpaßbar.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus weiteren Unteransprüchen sowie aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematisierte Darstellung einer Vorrichtung zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe befindlichen Objekten unter Verwendung eines einzigen optischen Sensorarrays,

Fig. 2 ein schematisiertes Blockschaltbild zur Darstellung eines Verfahrens zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe befindlichen Objekten,

Fig. 3 eine schematisierte Darstellung einer weiteren Vorrichtung zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe befindlichen Objekten unter Verwendung einer stereoskopischen Sensorarrayanordnung und

Fig. 4 ein schematisiertes Blockschaltbild zur Ermittlung eines Differenzbildes aus Scheibenausschnittsbildern gemäß der in Fig. 3 beschriebenen Vorrichtung.

Die in Fig. 1 gezeigte Aufnahmeeinheit 1 zum Detektieren von auf einer Scheibe, hier einer Windschutzscheibe 2 befindlichen Regentropfen 3 umfaßt einen optischen Zeilensensor 4, etwa eine CCD-Zeile, eine dem Zeilensensor 4 vorgeschaltete konvexe Linse 5 sowie eine Lochblende 6. Die Aufnahmeeinheit 1 ist auf die Außenseite der Windschutzscheibe 2 focussiert, wobei durch die Lochblende 6 der Tiefenschärfenbereich des auf der photosensitiven Oberfläche des Zeilensensors 4 abgebildeten Windschutzscheibenausschnitts ebenfalls Bereiche geringfügig oberhalb der äußeren Oberfläche der Windschutzscheibe 2 sowie im Bereich der inneren Oberfläche der Windschutzscheibe 2 umfaßt. Zur Erzeugung von Lichtreflexen, in den auf der Windschutzscheibe 2 anhaftenden Regentropfen 3 ist eine Beleuchtungseinrichtung 7 vorgesehen, die bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus zwei IR-Dioden 8, 9 besteht.

Zur Bereitstellung von zwei Scheibenausschnittsbildern, in denen der durch die Beleuchtungseinrichtung 7 jeweils erzeugte Lichtreflex des auf der Windschutzscheibe 2 befindlichen Regentropfens 3 an lageunterschiedlichen Bildpunkten angeordnet ist, wird ein erstes Scheibenausschnittsbild bei einer Beleuchtung des Regentropfens 3 allein durch die IR-Diode 8 aufgenommen. Diese Situation ist in der linken Hälfte der Fig. 1 unter dem Titel "Beleuchtung links" dargestellt. Der durch die Reflektion der von der Leuchtdiode 8 ermittelten Lichtstrahlen in dem Regentropfen 3 erzeugte Lichtreflex R_L wird mit der notwendigen Abbildungsschärfe von dem Zeilensensor 4 bzw. von einigen seiner Bildpunkte erfaßt. Ein zweites Scheibenausschnittsbild wird anschließend bei einer Beleuchtung der Windschutzscheibe 2 mit der Leuchtdiode 9 aufgenommen, so daß der durch diese Beleuchtung erzeugte Lichtreflex R_R mit ausreichender Abbildungsschärfe von dem Zeilensensor 4 bzw. einiger seiner Bildpunkte aufgenommen werden kann. Diese Aufnahmesituation ist in der rechten Hälfte der Fig. 1 unter der Überschrift "Beleuchtung rechts" dargestellt. Die beiden IR-Dioden 8, 9 sind, wie aus Fig. 1 ersichtlich, so angeordnet, daß deren emittierte Lichtstrahlen aus unterschiedlichen Einfallsrichtungen die Windschutzscheibe 2 beleuchten und an entsprechend unterschiedlichen Positionen im Regentropfen 3 einen Lichtreflex R_L bzw. R_R erzeugen. Daher bilden sich die von dem Zeilensensor 4 aufgenommenen, durch den Regentropfen 3 erzeugten Lichtreflexe R_L , R_R auf zumindest teilweise unterschiedlichen Bildpunkten des Zeilensensors 4 ab. Zur Veranschaulichung ist die Sensorzeile 4 mit den darauf abgebildeten Lichtreflexen R_L , R_R im unteren Teil

der Fig. 1 übereinander angeordnet als Synonym für die aufgenommenen Scheibenausschnittsbilder abgebildet. Wird in einem ersten Verarbeitungsschritt ein Differenzbild aus den beiden Scheibenausschnittsbildern erzeugt, ergibt sich ein virtuelles Differenzbild, wie es schematisiert mit dem Bezugszeichen D gekennzeichnet ist. Bei diesem Differenzbild D sind die Inhalte lagegleicher Bildpunkte des unteren Scheibenausschnittsbildes aufgenommen bei einer Beleuchtung von links von denjenigen des Scheibenausschnittsbildes aufgenommen bei einer Beleuchtung von rechts subtrahiert worden. Lagegleiche Bildpunkte, die einen gleichen Inhalt aufweisen, erhalten somit den Wert 0 und sind in dem Differenzbild D schwarz dargestellt. Betragsmäßige Unterschiede zwischen lagegleichen Bildpunkten werden entsprechend als beleuchtete Bildpunkte in dem Differenzbild D dargestellt. Da sich die in den beiden Scheibenausschnittsbildern erfaßten Lichtreflexe R_L , R_R in den dargestellten Ausführungsbeispiel bereichsweise überschneiden, ist dieser Bereich im Differenzbild D ebenfalls schwarz. Das Ergebnis dieser Differenzbildermittlung stellt somit die beiden Lichtreflexe R_L , R_R bzw. deren Lichtreflexanteile R_L , R_R dar.

Durch die Bereitstellung der beiden Scheibenausschnittsbilder bei unterschiedlicher Beleuchtungseinfallsrichtung wird erkennbar, daß Lichtreflexe naturgemäß nur dann von der Aufnahmeeinheit 1 erfaßt werden, wenn tatsächlich Objekte, beispielsweise Regentropfen 3 auf der Windschutzscheibe 2 anhaften. Befinden sich auf der Windschutzscheibe 2 dagegen keine Objekte, wird in beiden zeitlich nacheinander aufgenommenen Scheibenausschnittsbildern jeweils derselbe Hintergrund erfaßt, so daß nach einer Differenzbilddarstellung die Bildpunkteinhalte des Differenzbildes sämtlich den Wert 0 aufweisen. Durch die Beleuchtung möglicherweise im Hintergrund erzeugte Lichtreflexe, die von der Aufnahmeeinheit 1 erfaßt werden, werden aufgrund der gegenüber dem Abstand zur Windschutzscheibe 2 sehr viel größeren Entfernung zum einen nur geringe Lichtintensitäten aufweisen; zum anderen werden diese auf lagegleichen Bildpunkten abgebildet.

In dem in Fig. 2 schematisch dargestellten Blockschaltbild ist erkennbar, daß die Aufnahmeeinheit 1 durch eine Vorrichtung 10 zur Belichtungszeitadaptation belichtungszeitgesteuert ist. Entsprechend der wechselweisen Anschaltung der IR-Diode 8 bzw. der IR-Diode 9 wird gleichzeitig mit der Aufnahmeeinheit 1 jeweils ein Scheibenausschnittsbild aufgenommen. Das zuerst aufgenommene Scheibenausschnittsbild eines zu verarbeitenden Bildpaares wird in einen Bildspeicher 11 abgelegt und dann wieder aus diesem abgerufen, wenn das zweite Scheibenausschnittsbild durch die Aufnahmeeinheit 1 aufgenommen worden ist. Die beiden Scheibenausschnittsbilder eines Bildpaares beaufschlagen anschließend einen Differenzbilddarsteller 12, in dem auf Grundlage der beiden Scheibenausschnittsbilder das Differenzbild D in der oben beschriebenen Weise ermittelt.

Das Differenzbild D bzw. die in den einzelnen Bildpunkten des Differenzbildes D enthaltene Information wird anschließend ausgewertet. In einem ersten Auswerteschritt wird eine Kantenoperation in einem Kantenoperatorglied 13 durchgeführt, durch welche Kantenoperation eine Kantenbetonung bzw. eine Betonung der Hell-Dunkel-Übergänge des Differenzbildes D bei gleichzeitiger Unterdrückung von Gleichflächen durchgeführt wird. Als Kantenoperator werden bevorzugt stochastische Operatoren verwendet.

Im Anschluß an die Kantenoperation wird das Differenzbild in einem Medianfilter 14 zur Unterdrückung von eventuell vorhandenem Impulsrauschen gefiltert. Die Filterlänge beträgt in dem dargestellten Ausführungsbeispiel drei Bildpunkte; selbstverständlich können auch andere geeignete Filterlängen vorgesehen sein. Das mediangefilterte Diffe-

renzbild wird in einem weiteren Auswerteschritt in einem Tiefpaßfilter 15 zeitlich tiefpaßgefiltert, so daß nach dieser Filterung in denjenigen Bildpunkten des Differenzbildes Werte ungleich 0 enthalten sind, die über eine vorbestimmte Anzahl von Bildperioden erfaßt worden sind. Herausgefiltert werden durch das Tiefpaßfilter 15 somit Schlaglichter, etwa durch entgegenkommende Fahrzeuge oder durch Kratzer in der Windschutzscheibe, die nur in einzelnen Bildperioden vorhanden sind.

Das gefilterte Differenzbild beaufschlagt im Anschluß ein Entscheiderglied 16 in dem aus dem eingangsseitig anliegenden Differenzbild eine Binärbilddatei erzeugt wird, so daß jeder Bildpunkt des bis zu diesem Schritt verarbeiteten Differenzbildes entweder den Wert 0 oder den Wert 1 hat. Diese Funktion des Entscheiders 16 wird durch Beaufschlagen desselben mit einem vorbestimmten Schwellwert erreicht.

Die weitere Bildverarbeitung wird in zwei Bearbeitungszweigen durchgeführt – einer Bildenergieberechnung mit anschließendem Schwellwertvergleich sowie einer Clustierung mit anschließender statistischer Bewertung. Die Bildenergieberechnung erfolgt in einem Bildenergieberechnungsglied 17, in dem die Anzahl derjenigen Bildpunkte des als Binärbilddatei vorliegenden Differenzbildes ermittelt wird, deren Wert 1 beträgt. In Abhängigkeit von der Beleuchtungseinrichtung, und zwar in Abhängigkeit von der Anzahl der verwendeten Beleuchtungsmittel für jedes Scheibenausschnittsbild kann Aufschluß über die tatsächlich Anzahl der auf der Windschutzscheibe 2 detektierten Regentropfen gewonnen werden. Dieser Wert beaufschlagt ein Vergleichsglied 18, dessen Ausgang am Eingang eines Mikroprozessors 19 zur Ansteuerung von nicht näher dargestellten Aktoren, etwa eines Wischermotors anliegt. Das Vergleichsglied 18 ist durch einen Schwellwert beaufschlagt, der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel einstellbar ist.

Zur weiteren Bewertung der in der Bildenergieberechnung ermittelten Reflexanzahl erfolgt in einem zu diesem parallelen Auswerteschritt zunächst eine ortsabhängige Clustierung derjenigen Bildpunkthinhalte, deren Wert 1 ist. Gemäß den vorgegebenen Clusterbedingungen werden diejenigen Bildpunkte als ein Cluster zusammengefaßt, die den Clusterbedingungen genügen. Dieser Bearbeitungsschritt erfolgt in einem Clusterglied 20. Ausgangsseitig an dem Clusterglied 20 ist ein statistisches Bewertungsglied 21 angeschlossen, in welchem die Anzahl der gebildeten Cluster statistisch ausgewertet wird. Als Ergebnis ist eine Größenbewertung der detektierten Regentropfen möglich. Das Ergebnis der statistischen Bewertung wird in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zur Adaption des das Vergleichsglied 19 beaufschlagenden Schwellwertes verwendet. Somit erfolgt eine unmittelbare Rückkopplung von sich morphologisch ändernden Eigenschaften der detektierten Objekte hinsichtlich einer daran angepaßten Ansteuerung von Aktoren.

Fig. 3 zeigt eine weitere Aufnahmeeinheit 22, die aus zwei Kamerasensoren 23, 24 besteht. Die beiden Kamerasensoren 23, 24 umfassen wie auch das optische Sensorarray der Fig. 1 jeweils eine Optik sowie eine vorgeschaltete Lochblende. Die Kamerasensoren 23, 24 sind auf unendlich focussiert, wobei sich jedoch die äußere sowie die innere Oberfläche der Windschutzscheibe 2 im Tiefenschärfenbereich der Abbildung befinden. Die optischen Achsen der beiden Kamerasensoren O_1 bzw. O_2 sind parallel zueinander und beabstandet voneinander angeordnet. Wie auch bei der Anordnung gemäß Fig. 1 erfolgt bei dieser Aufnahmeeinheit 22 eine Abbildung der durch den Regentropfen 3 erzeugten Lichtreflexe auf unterschiedlichen Bildpunkten der Kamerasensoren 23 und 24. In bezüglich der Windschutz-

scheibe 2 weiterer Entfernung abgebildete Hintergrundreflexe beaufschlagen dagegen lagegleiche Bildpunkte. Es erfolgt somit eine Disparitätsabschätzung zur Tiefenerfassung. Wie zuvor beschrieben, erfolgt ausgehend von diesen beiden gleichzeitig aufgenommenen Scheibenausschnittsbildern die Differenzbilddarstellung.

Fig. 4 zeigt in einem schematisierten Blockschaltdiagramm nochmals die Aufnahmeeinheit 22, die belichtungszeitgesteuert ist. Die Ausgänge der beiden Kamerasensoren 23, 24 beaufschlagen unmittelbar den Differenzbilddarsteller 12. Die weitere Auswertung erfolgt entsprechend der zu Fig. 2 beschriebenen Auswerteverfahren.

Aus der Beschreibung der Erfindung wird deutlich, daß durch Ermitteln des Differenzbildes aus zwei Einzelbildern aufwandsgünstig beispielsweise ein Regensensor erstellbar ist, dessen Daten sehr verlässlich sind. Als optische Sensorarrays können sowohl Zeilen- als auch Flächenkameras verwendet werden. Die in den Fig. 3 und 4 dargestellte stereoskopische Sensorarrayanordnung kann neben einer Funktion als Aufnahmeeinheit 22 eines Regensensors auch weitere Überwachungsfunktionen übernehmen.

Aus der Beschreibung der Erfindung wird ferner deutlich, daß die Auswertung der Scheibenausschnittsbilder anstelle der in den Figuren dargestellten schaltungstechnischen Auswertung Software-mäßig erfolgen kann.

Bezugszeichenliste

- 1 Aufnahmeeinheit
- 2 Windschutzscheibe
- 3 Regentropfen
- 4 Zeilensensor
- 5 konvexe Linse
- 6 Lochblende
- 7 Beleuchtungseinrichtung
- 8 IR-Diode
- 9 IR-Diode
- 10 Vorrichtung zur Belichtungszeitadaption
- 11 Bildspeicher
- 12 Differenzbilddarsteller
- 13 Kantenoperatorglied
- 14 Medianfilter
- 15 Tiefpaßfilter, zeitlich arbeitend
- 16 Entscheiderglied
- 17 Bildenergieberechnungsglied
- 18 Vergleichsglied
- 19 Mikroprozessor
- 20 Clusterglied
- 21 statistisches Bewertungsglied
- 22 Aufnahmeeinheit
- 23 Kamerasensor
- 24 Kamerasensor
- D Differenzbild
- O_1 optische Achse
- O_2 optische Achse
- R_r Reflex bei rechter Beleuchtung
- R_l Reflex bei linker Beleuchtung
- $R_{r'}$ Reflexanteil bei rechter Beleuchtung
- $R_{l'}$ Reflexanteil bei linker Beleuchtung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe (2) befindlichen, bei einer Beleuchtung Lichtreflexe erzeugenden Objekten (3) unter Verwendung einer ein oder mehrere optische Sensorarrays enthaltenden Aufnahmeeinheit (1, 22) umfassend folgende Schritte:

- Beleuchten der Scheibe (2) zum Erzeugen von Lichtreflexen (R_1, R_2) in oder an auf der Scheibe (2) befindlichen Objekten (3) von derjenigen Scheibenseite, hinter der die Aufnahmeeinheit (1, 22) angeordnet ist, 5
- bildliches Erfassen eines beleuchteten Scheibenausschnitts mit der Aufnahmeeinheit (1, 22) durch Bereitstellen von zwei, ein Bildpaar bildenden Scheibenausschnittsbildern, in welchen beiden Bildern der oder die durch die Beleuchtung erzeugten Lichtreflexe (R_1, R_2) eines auf der Scheibe (2) befindlichen Objektes (3) jeweils an lageunterschiedlichen Bildpunkten angeordnet sind, 10
- Ermitteln des Differenzbildes (D) der beiden Bilder eines Bildpaares durch Subtraktion der Inhalte lagegleicher Bildpunkte des einen Scheibenausschnittsbildes von denjenigen des anderen Scheibenausschnittsbildes und
- anschließendes Auswerten des ermittelten Differenzbildes hinsichtlich der den einzelnen Bildpunkten zugeordneten Inhalten. 15
- 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Scheibenausschnittsbilder mit ein und demselben optischen Sensorarray (4), jedoch bei einer jeweils unterschiedlichen Beleuchtungskonfiguration aufgenommen werden, die sich hinsichtlich ihrer auf die Scheibe (2) auftreffenden Einfallsrichtung unterscheiden. 20
- 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Scheibenausschnittsbilder mit zwei voneinander beabstandeten optischen Sensorarrays (23, 24) unter Verwendung einer gemeinsamen Beleuchtungseinrichtung aufgenommen werden. 25
- 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung des ermittelten Differenzbildes (D) eine Kantenoperation beinhaltet, bei der eine Verstärkung der Kantenbetonung bei gleichzeitiger Unterdrückung von Gleichflächen erreicht wird. 30
- 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kantenoperation durch eine Verwendung stochastischer Operatoren durchgeführt wird. 35
- 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung des ermittelten Differenzbildes (D) eine zeitliche Tiefpaßfilterung umfaßt. 40
- 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung des Differenzbildes (D) den Schritt des Erstellens einer Binärbilddatei aus dem Bildpunkthinhalten des Differenzbildes beinhaltet, so daß jedem Bildpunkt entweder der Wert 0 oder der Wert 1 zugeordnet ist. 45
- 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung des Differenzbildes (D) eine Gesamtbildenergieberechnung beinhaltet, bei der die Werte aller Bildpunkte des Differenzbildes (D) aufsummiert werden, an welchen Energieberechnungsschritt sich ein Vergleicherschritt anschließt, in dem die ermittelte Gesamtbildenergie mit einem oder mehreren Schwellwerten verglichen wird. 50
- 9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung des Differenzbildes (D) eine Clusterung benachbarter Bildpunkte mit dem Wert 1 umfaßt, an welche Clusterung sich eine statistische Auswertung der erzeugten Cluster anschließt. 55
- 10. Verfahren nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß der für die Durchführung des Ver-

gleicherschrittes im Anschluß an die Gesamtbildenergieberechnung benötigte Schwellwert in Abhängigkeit von dem Ergebnis der statistischen Clusterauswertung eingestellt wird.

- 11. Vorrichtung zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe (2) befindlichen beleuchteten Objekten (3), umfassend eine Beleuchtungseinrichtung (7) zum Beleuchten der Scheibe (2) von einer Seite, eine Aufnahmeeinheit (1) mit einem optischen Sensorarray (4) zum Erfassen von der Beleuchtungseinrichtung emittierter und reflektierter Lichtstrahlen und eine Auswerteeinheit, dadurch gekennzeichnet, daß als Aufnahmeeinheit (1) ein einziges Sensorarray (4) in einer solchen Anordnung zur Scheibe (2) vorgesehen ist, daß die zu beobachtende Scheibenoberfläche des von dem Sensorarray (4) erfaßten Scheibenausschnittes im Tiefenschärfenbereich der sich auf der photosensitiven Oberfläche des Sensorarrays (4) darstellenden Abbildung des Scheibenausschnittes liegen, und daß die Beleuchtungseinrichtung (7) zumindest zwei voneinander beabstandete, den von der Aufnahmeeinheit (1) betrachteten Scheibenausschnitt aus unterschiedlichen Richtungen beleuchtende Lichtquellen (8, 9) umfaßt.
- 12. Vorrichtung zum Detektieren von auf einer lichtdurchlässigen Scheibe (2) befindlichen beleuchteten Objekten (3), umfassend eine Aufnahmeeinheit (22) zum Erfassen von Lichtreflexen und eine Auswerteeinheit, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmeeinheit (22) zwei voneinander beabstandete optische Sensorarrays (23, 24) in einer stereoskopischen Anordnung umfaßt, bei der die zu beobachtende Scheibenoberfläche des von den Sensorarrays (23, 24) erfaßten Scheibenausschnittes im Tiefenschärfenbereich der sich auf der photosensitiven Oberfläche der Sensorarrays (23, 24) darstellenden Abbildung des Scheibenausschnittes liegen, welche optischen Sensorarrays zum Betrachten eines Scheibenausschnittes angeordnet sind, daß der sich in einem bestimmten Abstand zur betrachtenden Scheibe befindliche Hintergrund auf beiden Sensorarrays an lagegleichen Bildpunkten abgebildet wird.

- 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnahmeeinheit (22) eine gemeinsame Beleuchtungseinrichtung zugeordnet ist.

- 14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Achsen (O_1, O_2) der Sensorarrays (23, 24) parallel zueinander ausgerichtet sind.

- 15. Vorrichtung nach Anspruch 12, 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheibe eine Windschutzscheibe (2) eines Kraftfahrzeuges ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Beleuchtung rechts

Beleuchtung links

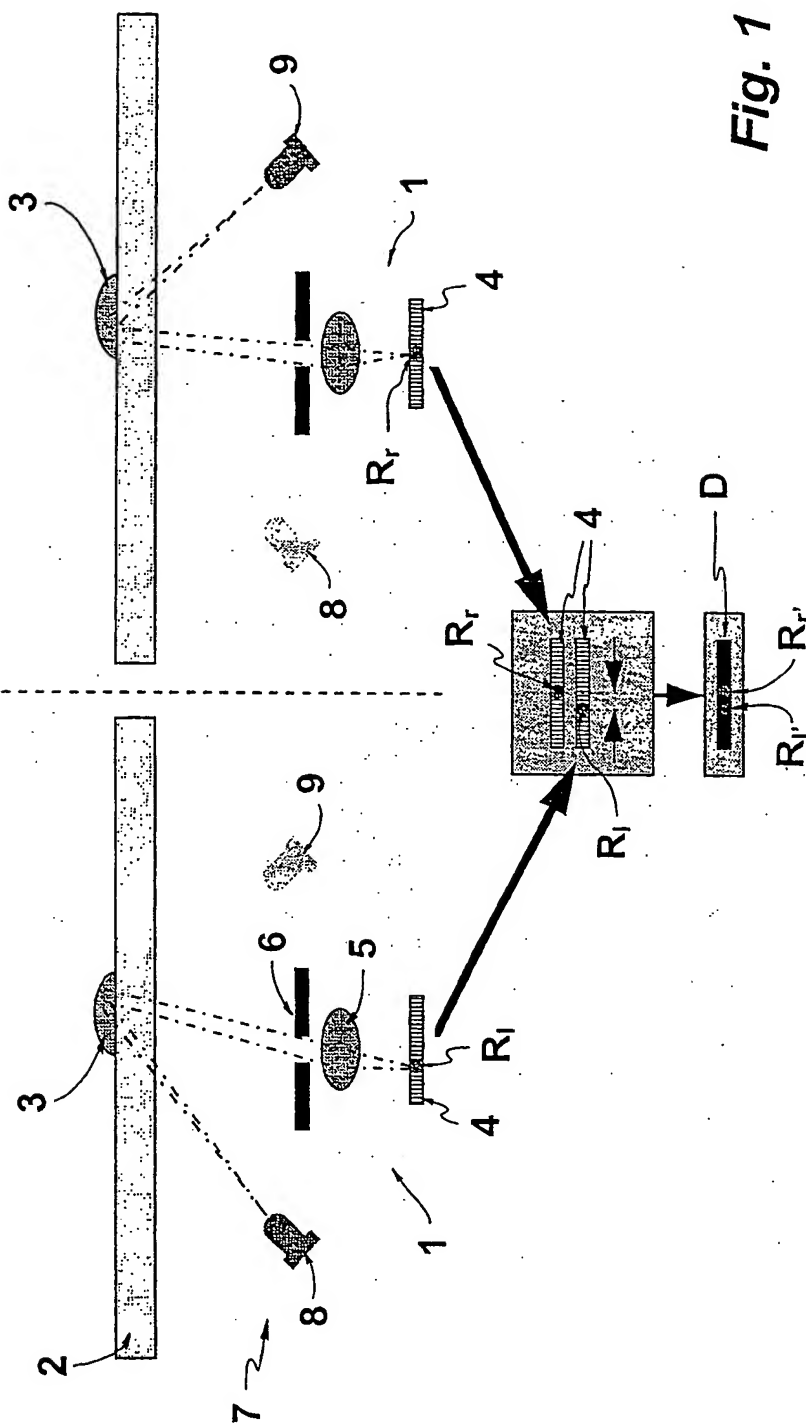
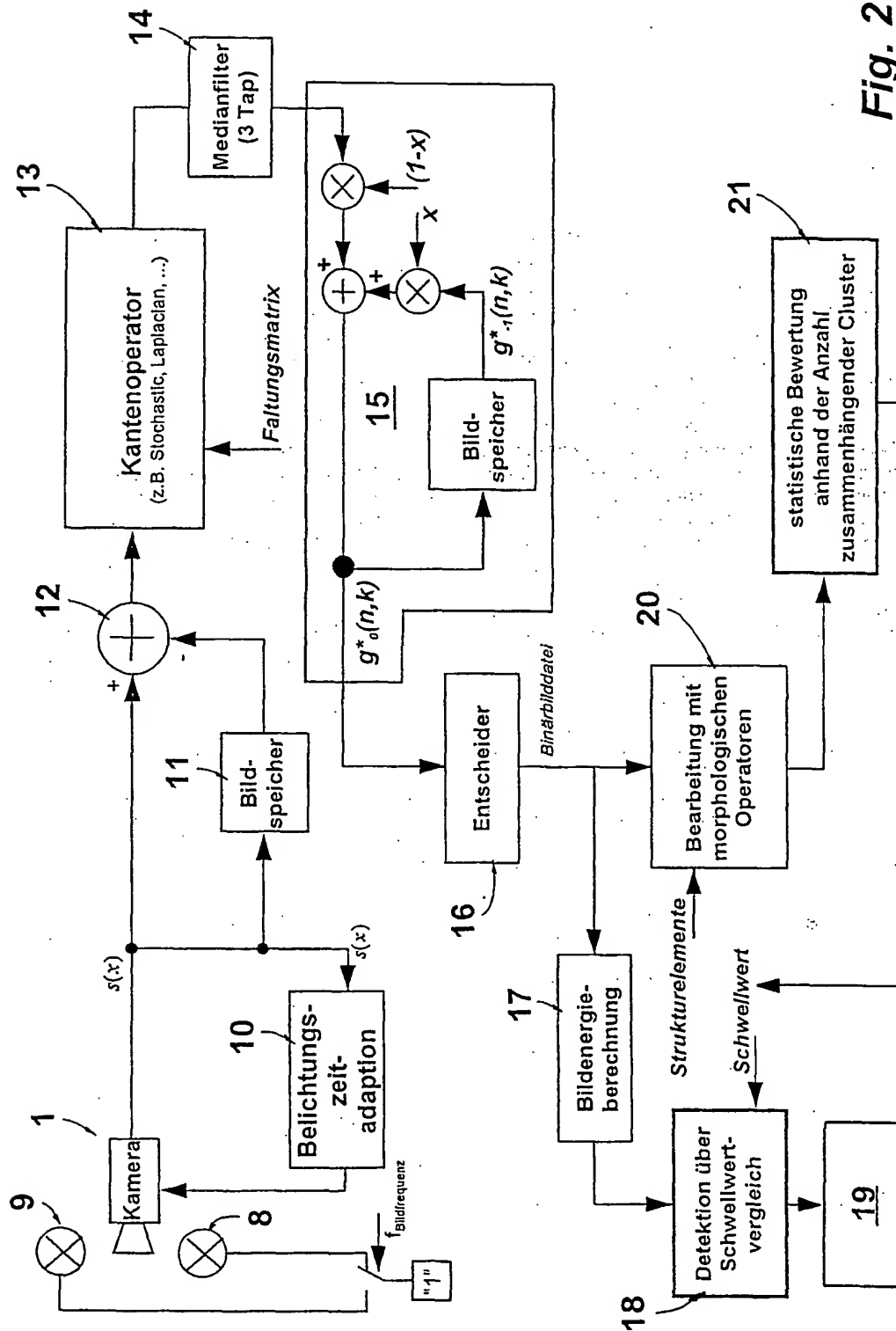


Fig. 1



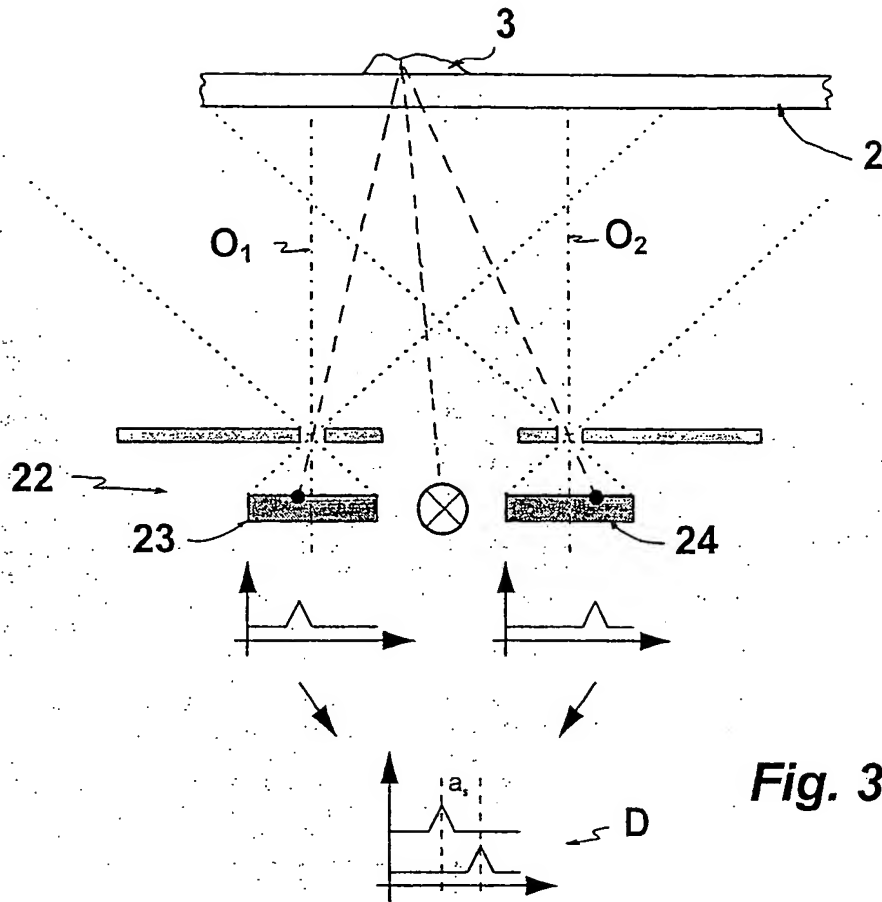


Fig. 3

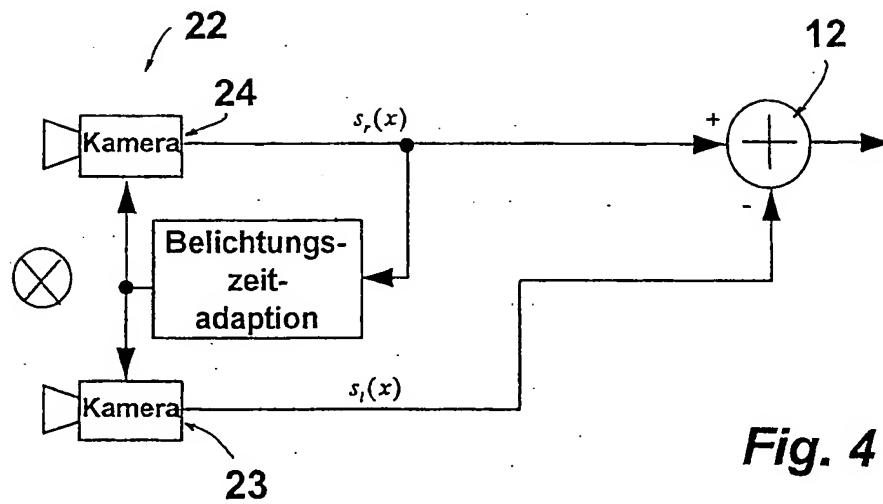


Fig. 4